

# Impacto de pasillos calientes y fríos en la eficiencia y temperatura del centro de datos

## White Paper 135

Revisión 2

Por John Niemann  
Kevin Brown  
Victor Avelar

### > Resumen Ejecutivo

Tanto la contención de aire frío como caliente pueden mejorar la predictibilidad y la eficiencia de los sistemas tradicionales de refrigeración de los centros de datos. Pese a que ambos enfoques minimizan la mezcla de aire caliente con aire frío, existen diferencias prácticas de implementación y funcionamiento que tienen importantes consecuencias en las condiciones ambientales, el PUE y las horas de funcionamiento del modo economizador. La elección de la contención de aire caliente en lugar de la contención de aire frío puede ahorrar hasta un 43 % en el coste de energía anual de los sistemas de refrigeración, lo que corresponde a una reducción del 15 % del PUE anual. Este documento examina ambas metodologías y hace hincapié en las razones por las que la contención de pasillos calientes es la práctica preferida para los nuevos centros de datos.

### Contenido

*haga clic en una sección para saltar a ella*

Introducción	2
Beneficios de la contención en la eficacia	2
Contención de pasillos fríos	3
Contención de pasillos calientes	4
Efecto de la contención en el entorno	5
Análisis de CACS y HACS	7
Consideraciones relacionadas con la extinción de incendios	13
Conclusión	14
Recursos	15
Apéndice	16

## Introducción

Los elevados costes de energía y el consumo energético cada vez mayor han obligado a los profesionales de los centros de datos a considerar las estrategias de contención de aire frío y aire caliente. Según Bruce Myatt de EYP Mission Critical, la separación del aire caliente del aire frío "es una de las medidas de mayor eficiencia energética disponible hoy en día para centros de datos nuevos y existentes" (*Mission Critical*, otoño de 2007). Además de la eficiencia energética, la contención permite que la temperatura de entrada de TI sea uniforme y elimina los puntos calientes típicos de los centros de datos tradicionales sin contención.

Si bien la contención de pasillos calientes es la solución preferida para todas las nuevas instalaciones y para la adaptación de muchas instalaciones de falso suelo, es una opción cuya implementación puede resultar difícil o costosa debido a escasez de altura o a la ausencia de falso techo. En dichos casos, aunque la contención de pasillos fríos no es la solución óptima, puede resultar la opción más factible.

Tanto la contención de pasillos calientes como de pasillos fríos ofrecen importantes ahorros de energía con respecto a las configuraciones tradicionales sin contención. Este documento analiza y cuantifica el consumo de energía de ambos métodos de contención. Aunque tanto las estrategias de contención de pasillos calientes como de pasillos fríos ofrecen ahorros de energía, este documento concluye que el método de contención de pasillos calientes puede reportar unos ahorros de energía de los sistemas de refrigeración de hasta un 43% gracias al incremento de horas de funcionamiento del modo economizador. Asimismo, concluye que el método de contención de pasillos calientes es la opción que debe usarse siempre en los nuevos centros de datos.

## Ventajas de eficacia de la contención

### > ¿Qué solución permite que el modo economizador esté en funcionamiento durante más horas?

La función básica de un refrigerador es eliminar la energía térmica de los centros de datos mediante la compresión y expansión de un refrigerante que se utiliza para mantener el agua fría a una temperatura de suministro establecida: normalmente de 7°C/45°F. Cuando la temperatura exterior es 11°C/19°F inferior a la temperatura del agua fría, el refrigerador puede apagarse. Cuando esto sucede, la torre de refrigeración deriva el refrigerador y elimina el calor directamente del centro de datos.

A continuación se detallan las ventajas de eficiencia que reporta la contención del aire caliente o frío en los centros de datos. Es importante mencionar que la disposición de pasillo caliente/frío en fila<sup>1</sup> es un requisito indispensable para ambos tipos de sistemas de contención de pasillos.

- **Los sistemas de refrigeración pueden ser configurados a una temperatura de suministro más alta (con el consiguiente incremento de la capacidad de refrigeración y del ahorro de energía) y ser capaces de suministrar la potencia necesaria a unas temperaturas de funcionamiento seguras.** La temperatura establecida de los sistemas de refrigeración perimetrales sin contención es mucho más baja (aproximadamente 13°C/55°F) que la que necesitan los equipos de TI. De este modo, se evita la aparición de puntos calientes. Los puntos calientes se generan cuando el aire frío absorbe calor durante el suministro desde la unidad de refrigeración a la parte delantera de los racks. La contención permite incrementar la temperatura del suministro de aire frío y la del aire de retorno a la unidad de refrigeración. Las ventajas de una temperatura de retorno más elevada a la unidad de refrigeración es que se produce un mayor intercambio de calor en el serpentín de refrigeración, lo que redundará en una mayor capacidad de refrigeración y en un incremento general de la eficiencia. Este principio se cumple en prácticamente todos los equipos de aire acondicionado. Algunos equipos pueden tener limitaciones en cuanto a la temperatura de retorno máxima que son capaces de gestionar, aunque, en general, todos los sistemas de refrigeración ofrecen mayores capacidades cuanto mayor sea la temperatura del aire de retorno.
- **Eliminación de puntos calientes.** La contención permite que el suministro de aire de la unidad de refrigeración llegue a la parte delantera de los equipos de TI sin mezclarse con el aire caliente. Esto implica que la temperatura del aire de entrada a los equipos de TI sea la misma que la temperatura de suministro de la unidad de refrigeración;

<sup>1</sup> Diseño de rack en fila con las partes delanteras de los racks orientadas hacia las partes delanteras de los racks de la fila adyacente. Este diseño forma pasillos calientes y fríos alternos.

Al aumentar la temperatura del suministro de agua fría, se incrementa el número de horas que el refrigerador puede desactivarse (horas de funcionamiento del modo economizador). Por ejemplo, el modo economizador puede llegar a estar en funcionamiento durante 1000 horas al año cuando la temperatura exterior es al menos 11°C/19°F más fría que la temperatura del agua fría de 7°C/45°F. Sin embargo, si se incrementa la temperatura del agua fría a 13°C/55°F, el número de horas que el modo economizador está en funcionamiento aumenta hasta 3700.

es decir, se consigue que la temperatura del aire de entrada de equipos de TI sea uniforme. Puesto que el aire no se mezcla, es posible incrementar la temperatura del suministro de aire sin que se formen puntos calientes, lo que aumenta el número de horas que el modo economizador está en funcionamiento.

- **Incremento del número de horas que el modo economizador está en funcionamiento.** Cuando la temperatura exterior es menor que la temperatura interior, los compresores de los sistemas de refrigeración no se encienden para expulsar el calor hacia el exterior<sup>2</sup>. Por consiguiente, aumentar la temperatura de ajuste de los sistemas de refrigeración redundante en un mayor número de horas que los sistemas de refrigeración pueden mantener apagados sus compresores y ahorrar energía.<sup>3</sup>
- **Reducción de costes de humidificación/deshumidificación.** La eliminación de la mezcla de aire frío y caliente permite aumentar la temperatura del suministro de aire del sistema de refrigeración, lo que permite que el sistema funcione a una temperatura superior a la del nivel de humedad. Cuando se suministra aire por encima del nivel de humedad, no es necesario retirar la humedad del aire. Si no se retira humedad, tampoco es necesario añadirla, por lo que se obtiene un ahorro de agua y energía.
- **Mejora de la utilización de la infraestructura física que permite un correcto dimensionamiento y supone en una utilización más eficiente del equipamiento.** El uso de equipos de gran tamaño sobredimensionados implica mayores pérdidas fijas<sup>4</sup> que el uso de equipamiento correctamente dimensionado. Sin embargo, el sobredimensionamiento es necesario para el modelo de refrigeración tradicional, puesto que se necesita potencia de ventilador adicional para compensar las obstrucciones bajo el suelo y presurizar el falso suelo.

## Contención de pasillos fríos

 Enlace al **White Paper 153**

*Implementación de contención de aire caliente y frío en centros de datos existentes*

El sistema de contención de pasillos fríos (CACS) cierra el pasillo frío, con lo que el resto del centro de datos se convierte en una cámara de retorno de aire caliente de gran tamaño. La contención del pasillo frío permite separar el flujo de aire frío del flujo de aire caliente. Este método de contención requiere que las filas de racks tengan una disposición que alterne pasillos calientes y fríos.

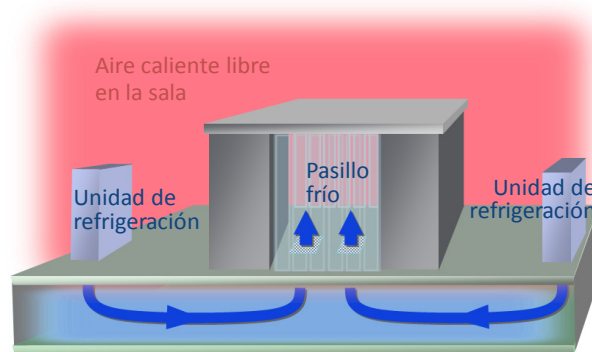
La **Imagen 1** muestra el principio básico del sistema de contención de pasillos fríos en un centro de datos con unidades de refrigeración perimetrales y falso suelo. La implementación de CACS en este tipo de centros de datos se obtiene mediante la contención de los extremos y de la parte superior de los pasillos fríos, con lo que se convierte en un sistema cómodo para la adaptación de muchos de los centros de datos existentes. Para obtener más información acerca de este tema, consulte el Documento técnico 153, *Implementación de contención de aire caliente y frío en centros de datos existentes*.

Algunos operadores de centros de datos utilizan cortinas de plástico suspendidas del techo para cercar el pasillo frío (**Imagen 2**) como solución propia. Existen proveedores que ofrecen paneles de techo y puertas que se pueden montar en los racks contiguos para aislar los pasillos fríos del aire caliente de la sala.

<sup>2</sup> La diferencia entre la temperatura exterior e interior debe ser suficiente como para paliar las ineficiencias de los intercambiadores de calor, los fallos de aislamiento u otras pérdidas.

<sup>3</sup> Limitación de los puntos de reglaje de los sistemas de refrigeración del edificio compartidos por el centro de datos.

<sup>4</sup> Las pérdidas fijas, también denominadas pérdidas sin carga, son pérdidas constantes independientes de la carga. Un sistema de aire acondicionado de velocidad constante es un ejemplo de pérdida fija, ya que funciona siempre a la misma velocidad, sea cual sea la carga del sistema.



### Imagen 1

Sistema de contención de pasillos fríos (CACS) implementado con enfoque de refrigeración basada en la sala



### Imagen 2

Ejemplo de sistema de contención de pasillos fríos "propio"

Cortinas de plástico en suspensión de los techos en el extremo del pasillo frío

Falso suelo con baldosas perforadas para la distribución del aire frío

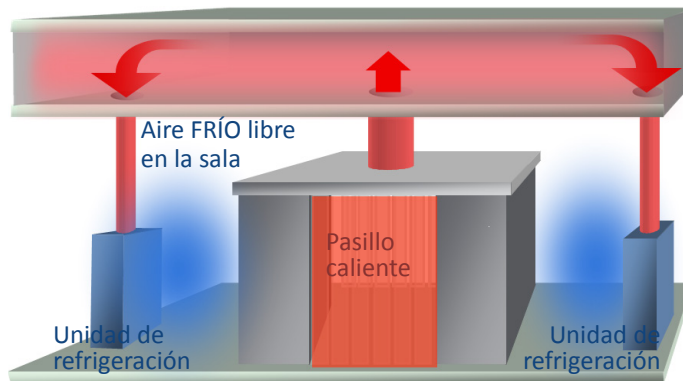
## Contención de pasillos calientes

El sistema de contención de pasillos calientes (HACS) cierra el pasillo caliente para contener el aire caliente de salida de los equipos de TI, con lo que el resto de la sala se convierte en una cámara de suministro de aire frío de gran tamaño. La contención del pasillo caliente permite separar el flujo de aire frío del flujo de aire caliente. Este método de contención requiere que las filas de racks tengan una disposición que alterne pasillos calientes y fríos. La **Imagen 3** muestra el principio básico del sistema HACS. En la **Imagen 4** se muestra un ejemplo de sistema HACS que utiliza unidades de refrigeración en fila que funcionan como zonas independientes.

El sistema HACS también puede estar conectado mediante conductos a una unidad de tratamiento de aire de las salas de ordenadores (CRAH) o a una unidad remota de gran tamaño de aire acondicionado a través de un conducto de gran tamaño situado sobre el pasillo caliente (**Imagen 5**). La principal ventaja de esta opción HACS es que favorece el funcionamiento del modo economizador. Este tipo de diseño de HACS es el que más se utiliza en centros de datos de gran tamaño, ya que el modo economizador ofrece importantes ventajas en cuanto a eficiencia. Este tipo de sistemas requiere cámaras de aire de gran tamaño y un edificio diseñado específicamente para gestionar con eficiencia los elevados volúmenes de aire. Esto hace que esta variante de sistema HACS sea más adecuada para centros de datos de gran tamaño o de nueva creación. Debe tenerse en cuenta que las opciones de sistema HACS mencionadas también son posibles con sistemas CACS, aunque este documento mostrará que el sistema HACS ofrece un mayor ahorro de energía.

### Imagen 3

Sistema de contención de pasillos calientes (HACS) implementado con sistemas de refrigeración en filas



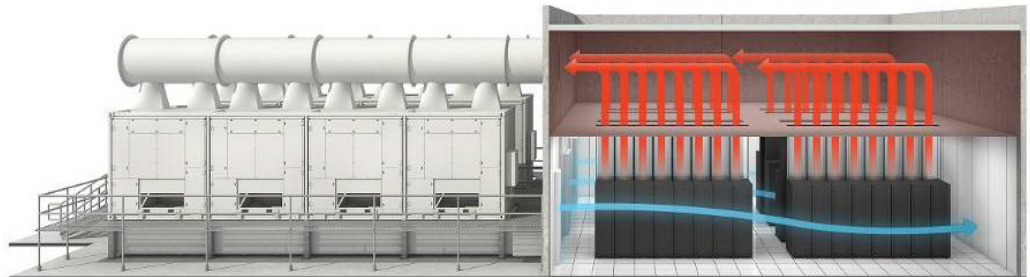
### Imagen 4

Ejemplo de sistema de contención de pasillos calientes (HACS) con funcionamiento como zona independiente



### Imagen 5

Sistema de contención de pasillos calientes (HACS) conectado mediante conductos a un sistema de refrigeración remoto



## Efecto de la contención en el entorno

Sea cual sea el tipo de sistema de contención usado, las personas necesitan trabajar en los centros de datos. Esta área sin contención debe mantenerse a una temperatura razonable que no infrinja las normas OSHA o ISO 7243 que establecen los límites del índice de estrés térmico (WBGT – Wet Bulb Globe Temperature)<sup>5</sup>. **Es necesario hacer las siguientes distinciones a la hora de hablar de las áreas sin contención:**

- Con la contención de pasillos fríos, la temperatura del área sin contención es la misma que la de un pasillo caliente (sombreado de color rojo en la **Imagen 6**).
- Con la contención de pasillos calientes la temperatura del área sin contención es la misma que la de un pasillo frío (sombreado de color azul en la **Imagen 6**).

<sup>5</sup> Apartado III del Manual técnico de la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), capítulo 4 de la norma ISO (International Organization for Standardization) 7243 "Entornos a altas temperatura: estimación del estrés térmico en humanos en función del índice de WBGT".

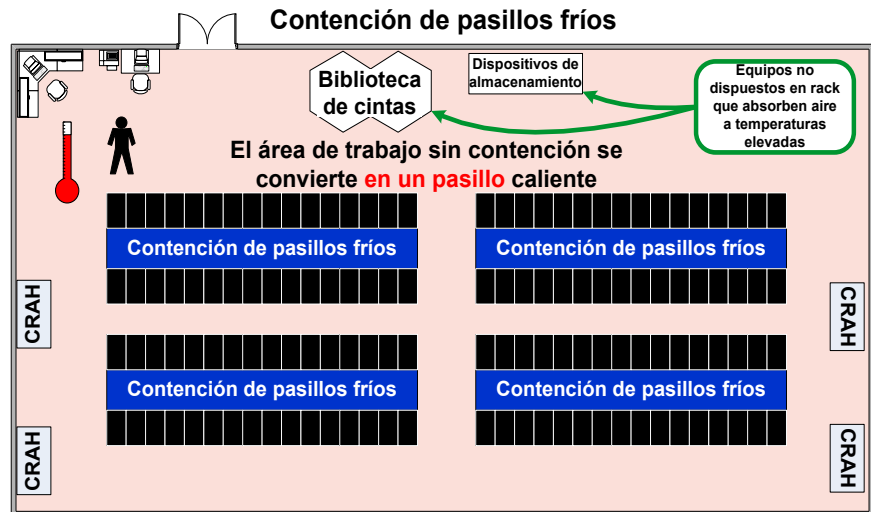
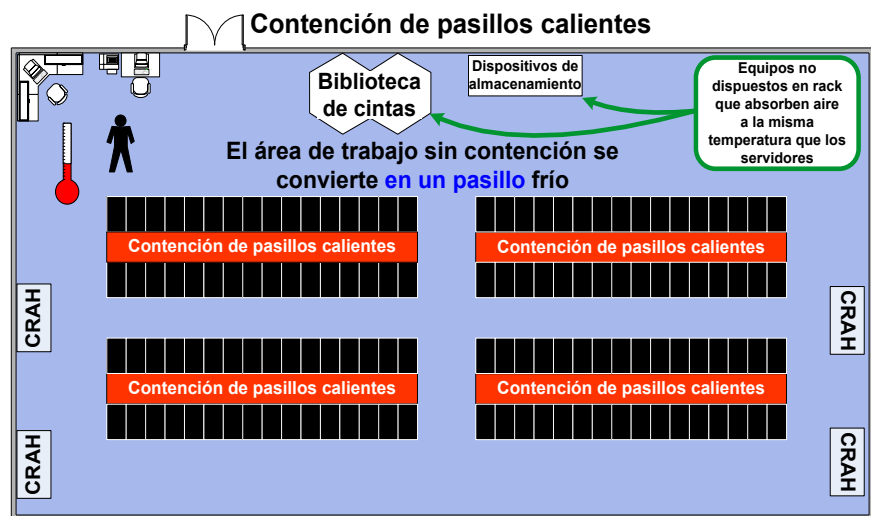


Imagen 6

Entornos de trabajo con sistemas de contención de pasillos fríos y calientes



Con el sistema CACS, las temperaturas elevadas del pasillo caliente elevan la temperatura del área sin contención, lo que puede suponer un problema para el personal de TI que trabaja de forma continua en los escritorios del centro de datos. En cambio, con el sistema HACS las temperaturas elevadas del pasillo caliente permanecen en el pasillo caliente y no afectan al personal de TI que trabaja de forma continua en el área sin contención.

Enlace al White Paper 123

Repercusiones de los pasillos calientes de alta densidad en las condiciones

Es necesario tener en cuenta que si el personal de TI debe realizar operaciones de trabajo en el pasillo caliente de un sistema HACS, las elevadas temperaturas del pasillo caliente deberán atenuarse mediante la apertura temporal de la puerta del pasillo para permitir la entrada de aire fresco. No obstante, incluso si el pasillo caliente permanece cerrado, existen dos razones por las que el cumplimiento de las normativas de entorno de trabajo no se ve afectado: 1) los trabajadores no permanecen de forma continuada en el entorno caliente (pasillo caliente), como es el caso de los sistemas CACS, y 2) la mayor parte del trabajo rutinario tiene lugar en la *parte delantera* de los racks de TI. Por lo tanto, debido a la razón n.º 1, la OSHA permite un régimen de trabajo/descanso del 25%/75%, respectivamente, en el pasillo caliente de los sistemas HACS, lo que permite una WBGT<sup>6</sup> máxima de 32,2°C/90°F. Esto implica que la temperatura de los pasillos calientes de los sistemas HACS

<sup>6</sup> Wet Bulb Temperature (WBGT) mide el estrés térmico y depende, en gran medida, de la humedad relativa del entorno de trabajo. Para la temperatura máxima del pasillo caliente de 47°C/117°F se asume una humedad relativa del 45 %.

## > WBGT

“Wet Bulb Temperature” (WBGT) es un índice que mide el estrés térmico de los entornos de trabajo para el hombre.

$$\text{WBGT} = 0,7 \cdot \text{NWB} + 0,3 \cdot \text{GT}$$

NWB (Natural Wet-Bulb) y GT (Globe Temperature).

La NWB se puede medir colocando una mecha empapada en agua sobre el bulbo de un termómetro de mercurio.

La evaporación reduce la temperatura en relación con la temperatura del bulbo seco y constituye una representación directa de la facilidad con la que un trabajador puede disipar el calor mediante el sudor. En los centros de datos, es posible utilizar la temperatura de bulbo seco en lugar de la de GT sin comprometer la exactitud.

La temperatura de “bulbo seco” es la temperatura que puede medirse con cualquier termómetro analógico o digital.

### WBGT máxima según la OSHA:

Trabajo continuo: **30°C/86°F**  
25 % de trabajo y 75 % de descanso: **32°C/90°F**

puede llegar a los 47°C/117°F. **El hecho de que se permita una temperatura mayor en el sistema HACS es la principal diferencia con respecto al sistema CACS, ya que permite a las unidades CRAH funcionar de un modo más eficiente.**

Para obtener más información sobre las condiciones del entorno de trabajo, consulte el Documento técnico 123, *Repercusiones de los pasillos calientes de alta densidad en las condiciones del entorno de trabajo del personal de TI.*

Además de la comodidad para el operario, la fiabilidad de funcionamiento de los equipos de TI también es un factor muy importante. La versión de 2011 de la norma TC9.9 de la ASHRAE recomienda que la temperatura de entrada del servidor esté entre 18-27°C/64,4-80,6°F. Con el sistema CACS, la temperatura del área sin contención puede llegar a superar con creces los 27°C/80°F, llegando a rebasar los 38°C/100°F en el caso de equipos de TI de alta densidad. Con estas circunstancias, las personas que acceden a los centros de datos suelen sorprenderse ante las elevadas temperaturas, lo que hace que las visitas resulten poco prácticas. Con los sistemas CACS, es necesario ajustar las expectativas de las personas que acuden al centro de datos para que comprendan que las elevadas temperaturas son una circunstancia “normal” y no son un signo de fallos inminentes en el sistema. Este cambio de concepto puede suponer una dificultad para aquellos operarios que no estén habituados a entrar en centros de datos que operen a altas temperaturas.

Además, en los centros de datos que funcionan a altas temperaturas es necesario adoptar medidas especiales para los equipos de TI no dispuestos en rack como, por ejemplo, las bibliotecas de cintas o los sistemas mainframe. Con sistemas CACS, estos dispositivos necesitan conductos especiales que faciliten el suministro de aire frío procedente de los pasillos fríos. **La incorporación de baldosas perforadas en el pasillo caliente facilita la refrigeración de estos equipos pero, en cambio, merma la capacidad de contención.** Asimismo, las tomas de corriente, el alumbrado y los sistemas de extinción de incendios de la sala, entre otros, deberán someterse a evaluaciones para determinar si son aptos para el funcionamiento a altas temperaturas.

## Análisis de CACS y HACS

Con el fin de comparar el sistema CACS frente al sistema HACS, se ha realizado un análisis teórico basado en la suposición de máximo rendimiento de cada sistema ante la ausencia de fugas de aire caliente y frío. El índice de fugas de los sistemas con falso suelo es del 25-50%, mientras que los sistemas de contención arrojan un 3-10%. En el **Apéndice 1** se detallan las suposiciones que se han utilizado para este análisis. El número de horas de funcionamiento del modo economizador y el resultado de PUE se estimaron para cada escenario en base a un modelo de horas de funcionamiento del modo economizador y un modelo de PUE del centro de datos. En el análisis también se incluyó un centro de datos sin contención equipado con modo economizador que se usó como base para comparar las repercusiones del uso de sistemas CACS y HACS. Los centros de datos equipados con sistema CACS y HACS se analizaron con dos escenarios de temperatura:

1. Temperatura del aire de entrada a los equipos de TI constante de 27°C/80,6°F (temperatura del aire de entrada máxima recomendada por la ASHARE).
  - a. Datos de relevancia para el sistema CACS: ausencia de límite de temperatura en el área sin contención (pasillo caliente) que afecta a la comodidad para el operario y repercute en los equipos de TI no dispuestos en rack.
  - b. Datos de relevancia para el sistema HACS: temperatura del área sin contención (pasillo frío) limitada a la temperatura del aire de entrada a equipos de TI.

2. Temperatura del área sin contención constante de 24°C/75°F: temperatura interior estándar<sup>7</sup> cómoda para el operario.
  - a. Datos de relevancia para el sistema CACS: reducción de la temperatura del aire de entrada a los equipos de TI para mantener la temperatura del área sin contención (pasillo caliente).
  - b. Datos relevantes para el sistema HACS: temperatura del aire de entrada a los equipos de TI limitada a la temperatura del área sin contención (pasillo frío).

En la **tabla 1** se resumen los resultados del análisis que se obtuvieron con los parámetros siguientes:

- Temperatura de bulbo seco del aire de entrada a los equipos de TI.
- Área sin contención: temperatura de bulbo seco (DB) y temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT).
- Horas de funcionamiento del modo economizador: número de horas al año que el refrigerador permaneció desactivado.
- Metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s) o pies cúbicos por minuto (CFM): flujo de aire total suministrado por las unidades CRAH como porcentaje de flujo de aire total suministrado al equipamiento de TI.
- PUE: métrica de eficacia estándar del sector de los centros de datos.

La primera fila de la tabla ofrece valores de base para la comparación con centros de datos sin contención.

---

<sup>7</sup>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001 ASHRAE Fundamentals Handbook, página 28.5.



**Tabla 1**

Repercusiones del control de la temperatura de áreas sin contención de sistemas CACS y HACS

Tipo de contención	Aire entrada TI	Área sin contención DB WBGT		Horas Econ.	m <sup>3</sup> /s CFM <sup>8</sup>	PUE	Comentarios
Centro tradicional: sin contención	13-27°C 56-81°F	24°C 75°F	17°C 63°F	2.814	149%	1,82	Base con un 49% y un 20% de fuga de aire frío y caliente, respectivamente <sup>9</sup>
<b>Escenario n.º 1: Temperatura del aire de entrada a los equipos de TI constante a 27°C/80,6°F</b>							
<b>CACS</b> Temperatura de entrada a equipos de TI máx. de la ASHRAE y ausencia de límite de temperatura de área sin contención	27°C 81°F	41°C 106°F	27°C 81°F	6.218	100%	1,65	WBGT de solo 3°C/5°F por debajo de los límites máx. de la OSHA. Incluye una reducción del consumo de energía de los refrigeradores del 37%. Dicha reducción se debe al aumento de la temperatura de suministro de TI, que permite mayor temperatura de suministro de agua fría.
<b>HACS</b> Temperatura de entrada a equipos de TI máx. de la ASHRAE y ausencia de límite de temperatura de área sin contención	27°C 81°F	27°C 81°F	21°C 69°F	6.218	100%	1,65	WBGT 8°C/14°F por debajo de los límites máx. de la OSHA. Incluye una reducción del consumo de energía de los refrigeradores del 37% y un incremento de la temperatura de suministro de agua fría. *La temperatura del pasillo caliente es de 41°C/106°F.
<b>Escenario n.º 2: Temperatura del área sin contención constante a 24°C/75°F</b>							
<b>CACS</b> Temperatura del área sin contención máx. de 24°C/75°F	10°C 50°F	24°C 75°F	15°C 59°F	0	100%	1,98	Entorno de trabajo aceptable. Pérdida de eficiencia con respecto a los centros de datos típicos. Infracción de la temperatura mínima de aire de entrada a los equipos de TI de la ASHRAE de 18°C/64,4°F. Incluye un aumento del consumo de energía de los refrigeradores del 15%. Dicho aumento se debe a la disminución de la temperatura de suministro de TI, que conlleva una disminución de la mayor temperatura de suministro de agua fría.
<b>HACS</b> Temperatura del área sin contención máx. de 24°C/75°F	24°C 75°F	24°C 75°F	18°C 65°F	5.319	100%	1,69	Máxima eficiencia, cumple con las directrices de la OSHA y ASHRAE. Incluye una reducción del consumo de energía de los refrigeradores del 28% y un incremento de la temperatura de suministro de agua fría. *La temperatura del pasillo caliente es de 38°C/100°F.

### Resultados del escenario n.º 1

En este escenario, tanto el sistema CACS como HACS ofrecen 6218 horas de funcionamiento del modo economizador y un PUE de 1,65. Estos datos reflejan que si no se tiene en cuenta la seguridad para los operarios ni los equipos no dispuestos en racks, los sistemas CACS y HACS muestran la misma eficiencia. Sin embargo, con el sistema CACS, la temperatura del área sin contención es de 41°C/106°F con una humedad relativa del 20%, lo que equivale a una WBGT de 27°C/81°F (valor cercano al límite máximo de WBGT de 30°C/86°F permitido

<sup>8</sup> Flujo de aire total (% del flujo de aire de TI).

<sup>9</sup> Las fugas de aire caliente se producen cuando el aire caliente que expulsan los servidores se mezcla con el suministro de aire del suelo elevado, con el aumento de la temperatura de entrada del servidor. La fuga de aire frío se producen cuando el aire frío procedente de los orificios/cámaras del suelo elevado se mezcla con el aire de retorno, reduce la temperatura de retorno y disminuye la eficacia de la unidad de refrigeración.

por la OSHA). Además, este entorno de trabajo no es realista ni para el personal de TI ni para el equipamiento de TI no alojado en racks. En realidad, estas elevadas temperaturas obligan a la introducción de fugas de aire frío en el área sin contención. Los efectos de las fugas se abordan más adelante en el apartado “Efectos de las fugas de aire en el análisis teórico”.

## Resultados del escenario n° 2

En este escenario, al mantener una temperatura de 24°C/75°F en el área sin contención, el número de horas anuales de funcionamiento del modo economizador con el sistema CACS se reduce a cero. Asimismo, el PUE registrado es un 20% inferior con respecto al escenario n.º 1. La temperatura del aire de entrada a los equipos de TI es de 10°C/50°F. La eficiencia del sistema HACS reduce el número de horas anuales de funcionamiento del modo economizador a 5319 y se registra un PUE de 1,69. En el escenario n.º 2, tanto el sistema CACS como HACS ofrecen niveles aceptables de temperatura del entorno de trabajo y de entrada de aire a los equipos de TI. **Si se comparan estos dos casos, el sistema HACS ofrece 5319 horas de modo economizador en funcionamiento y una mejora del PUE del 15% con respecto al sistema CACS.**

La **tabla 2** desglosa y cuantifica el consumo de energía de los sistemas CACS y HACS en el escenario n.º 2. Los costes de energía se desglosan en TI, alimentación, refrigeración y consumo de energía total del centro de datos.

- En la energía de TI se incluye la energía consumida por todo el equipamiento de TI, que en este análisis se mantiene en 700 kW.
- La “alimentación” incluye las pérdidas de conmutadores, generadores, SAI, dispositivos auxiliares críticos y primarios, alumbrado y distribución de alimentación crítica.
- La “energía de refrigeración” incluye las pérdidas de refrigeradores, torres de refrigeración, bombas de agua fría, bombas de agua de condensadores y unidades CRAH de perímetro.
- La energía total es la suma de la energía de TI, alimentación y refrigeración. Esta cifra está directamente relacionada con el PUE.

**Tabla 2**

*Desglose de costes entre el sistema CACS y HACS a una temperatura máxima de área sin contención de 24°C/75°F*

	Energía de TI	Energía de alimentación	Energía de refrigeración	Energía total	PUE
<b>CACS</b>	\$735.840	\$213.846	\$509.354	\$1.459.040	1,98
<b>HACS</b>	\$735.840	\$211.867	\$292.503	\$1.240.209	1,69
<b>% de ahorro</b>	0%	1%	43%	15%	15%

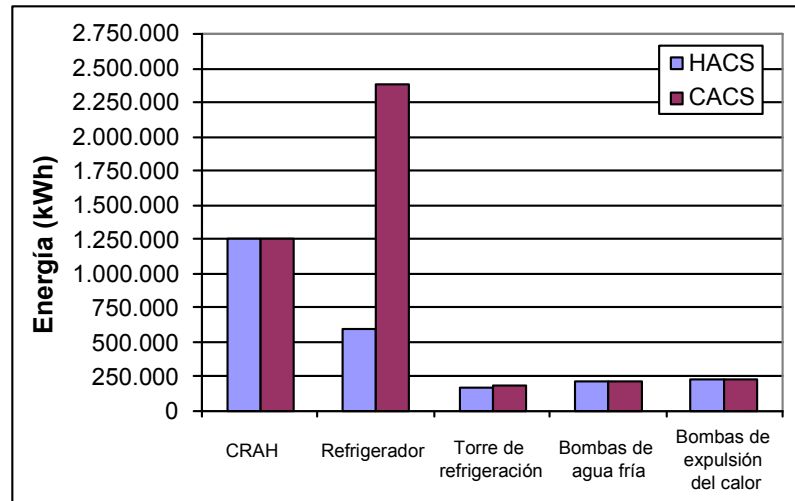
En los centros de datos convencionales, con una carga del 50%, la energía de TI es la responsable de la mayor parte del coste de energía, seguida de la energía de los sistemas de refrigeración. **Comparado con el sistema CACS, el sistema HACS consume un 43% menos de energía de refrigeración a una temperatura de 24°C/75°F en el área sin contención.** La mayoría de estos ahorros provienen de las horas en las que el modo economizador está en funcionamiento cuando los refrigeradores están apagados, tal como muestra la **Imagen 7**. Con esta temperatura de entorno de trabajo, el sistema CACS no permite el funcionamiento del modo economizador debido a la baja temperatura de suministro de agua fría. La pequeña diferencia que se observa en la energía de los sistemas de alimentación se debe a un incremento en las pérdidas de conmutador causadas por las horas de funcionamiento de los refrigeradores en el caso de los sistemas CACS.

Comparado con el sistema tradicional sin contención, los centros de datos con sistema CACS consumen un 30% más de energía de refrigeración y un 9% más de energía total. Comparado con el sistema tradicional sin contención, los centros de datos con sistema HACS consumen un 25% menos de energía de refrigeración y un 7% menos de energía total.

**Según este análisis, en climas templados y con temperaturas de entorno de trabajo prácticas, el sistema de contención de pasillos calientes ofrece un mayor número de horas de modo economizador en funcionamiento y un menor PUE en comparación con el sistema de contención de pasillos fríos. Este principio se cumple independientemente del tipo de unidad de refrigeración o método de extracción del calor usados (unidades perimetrales o en fila, agua refrigerada o expansión directa).**

### Imagen 7

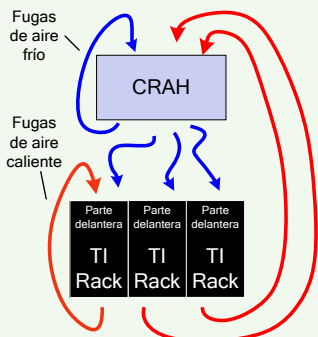
Desglose del consumo anual de energía del sistema de refrigeración



#### > Fugas de aire caliente y frío

La mayor parte del aire caliente que expulsan los equipos de TI vuelve a las unidades CRAH de refrigeración. El fenómeno de fuga de aire caliente se produce cuando el aire que expulsan los equipos de TI vuelve a entrar en el equipamiento de TI y se mezcla con la entrada de aire frío.

El fenómeno de fuga de aire frío se produce cuando el aire frío de suministro procedente de las unidades CRAH se mezcla con el aire caliente de retorno de estos sistemas sin que llegue ni siquiera a las entradas del equipamiento de TI.



### Efecto de la fuga de aire sobre el análisis teórico

En el análisis anterior, se ha partido del supuesto de que los sistemas CACS y HACS estaban completamente sellados y no presentaban fugas en los flujos de aire caliente y frío. Esta suposición nos ha permitido calcular la máxima eficiencia de las unidades CRAH, además de establecer una comparación objetiva de los sistemas CACS y HACS. Sin embargo, en la realidad, existen siempre fugas de aire frío en los sistemas CACS o HACS que requieren que las unidades CRAH ofrezcan un flujo de aire de ventilación mayor que el que necesita el equipamiento de TI, incluso cuando las unidades CRAH están provistas de ventiladores de velocidad variable. De este modo, el flujo de aire debe ser igual al flujo de aire que necesita el equipamiento de TI más el porcentaje de fuga de aire del sistema de contención como, por ejemplo, en el caso del sistema de falso suelo. Por ejemplo, si las unidades CRAH suministran 47 m<sup>3</sup>/s (100 000 CFM) de aire y el equipamiento de TI consume 38 m<sup>3</sup>/s (80 000 CFM) de aire, los 9 m<sup>3</sup>/s (20 000 CFM) restantes vuelven a las unidades CRAH.

Todo el aire que deja de utilizar el equipamiento de TI representa energía perdida. Esta energía perdida adopta dos formas posibles: 1) Energía de ventilación consumida para mover el aire y 2) energía de bombeo consumida para mover el agua refrigerada en el serpentín de la unidad CRAH. Además, las mezclas de aire caliente/frío merman la capacidad de la unidad CRAH. Cuanto mayor es el índice de mezcla, más unidades CRAH se necesitan para disipar el mismo calor y mantener una temperatura de entrada a los equipos de TI adecuada.

Para poder comprender los efectos de las fugas de aire, se ha repetido el análisis anterior incorporando varios porcentajes de fuga de aire. Debido a que las unidades CRAH adicionales necesitan mayor energía de ventilación, los sistemas CACS registraron un consumo de energía mayor que los sistemas HACS. Esto se debe a que la cantidad de aire frío que se mezcla en

el pasillo caliente es mayor con el sistema CACS que con el sistema HACS. El pasillo caliente del sistema HACS solo se ve afectado por las fugas que se producen por las aberturas de paso de los cables situadas en la parte posterior de cada rack, mientras que el pasillo caliente del sistema CACS se ve afectado por las fugas que se producen en las aberturas de paso de los cables de cada rack, del perímetro del centro de datos y de debajo de las PDU. Todo esto equivale a aproximadamente un 50% más de fugas de aire frío en comparación con el sistema HACS. La energía de refrigeración del sistema HACS con respecto refrigeración y de un 15% en el consumo de energía total).

 Enlace al **White Paper 153**

Implementación de contención de aire caliente y frío en centros de datos existentes

### Resumen de la comparación de los sistemas CACS y HACS

La **tabla 4** muestra un resumen de los sistemas CACS y HACS según las características que se han abordado en este documento. Las casillas sombreadas en verde indican la opción recomendada para la característica determinada.

**Tabla 3**

Resumen de los sistemas de contención de pasillos fríos frente a los sistemas de contención de pasillos calientes

Característica	CACS	HACS	Comentario
Capacidad para mantener una temperatura de entorno de trabajo de 24°C/75°F (temperatura interior estándar de diseño)	No	Sí	Con el sistema HACS, es posible establecer un punto de reglaje de refrigeración más alto, mantener una temperatura de entorno de trabajo de 24°C/75°F y beneficiarse de las horas de funcionamiento del modo economizador. En cambio, aumentar la temperatura del punto de reglaje de refrigeración en los sistemas CACS genera elevadas temperaturas que repercuten en la comodidad. A su vez, esto genera una impresión negativa cuando el personal accede al centro de datos.
Aprovechamiento de las ventajas de las horas de funcionamiento del modo economizador	No	Sí	El número de horas de funcionamiento del modo economizador en el sistema CACS está limitado por la temperatura máxima de entorno de trabajo del pasillo caliente (entorno de trabajo) y por las limitaciones de temperatura de los equipos de TI no dispuestos en racks.
Temperatura aceptable para equipamiento no dispuesto en racks	No	Sí	Con el sistema CACS, puesto que la contención se aplica al pasillo frío, el resto del centro de datos adquiere una temperatura elevada. El equipamiento de TI situado en el perímetro (como, por ejemplo, las bibliotecas de cintas) fuera de las áreas con contención debe someterse a evaluaciones para determinar si es apto para el funcionamiento a temperaturas elevadas. El riesgo de sobrecalentamiento del equipamiento de TI del perímetro aumenta con la reducción de las fugas de aire frío.
Facilidad de implementación con los sistemas de refrigeración de la sala	Sí	No	El sistema CACS es la opción preferida para la adaptación de centros de datos con falso suelo o refrigeración de sala con retorno ambiental (aire de retorno caliente de la sala). Un sistema HACS sin sistema de refrigeración basado en filas o falso techo requiere la implementación de conductos de retorno especiales. Para obtener más información acerca de este tema, consulte el Documento técnico 153, <i>Implementación de contención de aire caliente y frío en centros de datos existentes</i> .
Nuevos diseños de centros de datos	No	Sí	El coste de construcción de nuevos centros de datos con sistema CACS o HACS es idéntico. Sin embargo, la implementación de un sistema HACS en nuevos centros de datos mejorará la eficiencia general del centro, el entorno de trabajo y los costes de exploración.

## Consideraciones relacionadas con la extinción de incendios

Dependiendo de la ubicación del centro de datos, es posible que sean necesarios sistemas de detección y extinción de incendios en el interior del área con contención del sistema HACS o CACS. Los aspersores son los mecanismos de extinción más usados, ya que se activan con el calor. Los agentes gaseosos suelen ser un sistema secundario que se activa mediante detectores de humo. La norma NFPA 75 de la National Fire Protection Association no se posiciona por el uso de ninguno de los dos métodos (aspersores o agentes gaseosos) en sistemas HACS o CACS. Sin embargo, la norma NFPA 75 establece los siguientes requisitos que sí son aplicables tanto a los sistemas HACS como CACS:

- “Las unidades de sistemas de almacenamiento de información automatizados (AISS) que contengan medios inflamables con una capacidad de almacenamiento agregada superior a 0,76m<sup>3</sup> deberán estar protegidas por un sistema de extinción de aspersores automáticos o de agentes con descarga ampliada.” Este fragmento es significativo, ya que sienta un precedente en cuanto a la detección y la extinción de incendios en espacios cerrados de centros de datos.
- “Los sistemas de aspersores automáticos utilizados para la protección de salas o áreas con equipamiento de TI deberán seguir un plan de mantenimiento conforme a la norma NFPA 25, que regula la inspección, las pruebas y el mantenimiento de los sistemas de protección contra incendios basados en agua.”

En la práctica, el uso de sistemas de extinción de aspersores y agentes gaseosos en sistemas HACS y CACS es una práctica extendida en muchos sitios. La nota de aplicación n.º 159 de la APC detalla las prácticas comunes y los retos que conlleva la implementación de sistemas de extinción de incendios en entornos equipados con contención de pasillos calientes. Deberá consultar a las autoridades competentes para obtener información sobre requisitos específicos que puedan aplicarse en determinadas zonas.

Es necesario tener en cuenta, además, que todas las cámaras (falsos suelo o techo) deben someterse a la correspondiente evaluación para determinar su capacidad de distribución de aire.

## Conclusión

La prevención de la mezcla de aire caliente y frío es la clave de todas las estrategias eficientes de refrigeración de centros de datos. Tanto los sistemas HACS como CACS ofrecen mayor eficiencia y potencia con respecto a los enfoques de refrigeración tradicionales. El enfoque del sistema de contención de pasillos calientes (HACS) ofrece mayor eficiencia con respecto al sistema de contención de pasillos fríos (CACS) porque permite una mayor temperatura de pasillo caliente y de agua fría, lo que redundará en un mayor número de horas de funcionamiento del modo economizador y en importantes ahorros de costes eléctricos. Los puntos de reglaje de refrigeración pueden establecerse a una temperatura más alta sin renunciar a una temperatura agradable en el área sin contención del centro de datos.

El análisis que se detalla en este documento muestra que el sistema HACS puede ahorrar hasta un 43% en el coste de energía anual de los sistemas de refrigeración, lo que corresponde a una reducción del 15% del PUE anual en comparación con el sistema CACS. Asimismo, concluye que el sistema HACS es la estrategia de contención recomendada para los diseños de nuevos centros de datos. En aquellos casos en los que la contención no sea un requisito inicial, el diseño del nuevo centro de datos deberá incorporar previsiones para la futura implementación de sistemas HACS. Para los centros de datos existentes con falso suelo y diseño de unidades de refrigeración perimetral, el sistema CACS se perfila como la solución de implementación más simple y de menor coste. Para obtener más información acerca de este tema, consulte el Documento técnico 153, *Implementación de contención de aire caliente y frío en centros de datos existentes*.

### Acerca de los autores

**John Niemann** es el director de la línea de productos de refrigeración de sistemas pequeños y en fila en Schneider Electric y responsable de la planificación, el soporte y el marketing de estas líneas de productos. John ha sido el responsable de la gestión de todos los productos de refrigeración InRow™ de APC desde 2004 y cuenta con una experiencia de 12 años en HVAC. Su carrera comenzó en el mercado de HVAC industrial y comercial, donde se especializó en los sistemas de refrigeración y de tratamiento de aire personalizados. Destaca por su amplia experiencia en la filtración y la recuperación de energía en entornos críticos. Su amplia experiencia en el sector de HVAC abarca desde la ingeniería de aplicaciones hasta el desarrollo, pasando por la gestión de productos y las ventas técnicas. John es miembro de la ASHRAE y de The Green Grid. Se licenció en Ingeniería mecánica en la Washington University de St. Louis, Missouri (EE. UU.).

**Kevin Brown** es el vicepresidente de la división de estrategia y oferta de soluciones globales para centros de datos en Schneider Electric. Kevin se licenció en ingeniería mecánica en la Cornell University. Antes de incorporarse a Schneider Electric, Kevin ejerció como director de desarrollo de mercado en Airxchange, un fabricante de componentes y productos de ventilación de recuperación de energía del sector del HVAC. Antes de trabajar en Airxchange, Kevin desempeñó varios puestos de gestión en Schneider Electric, entre los que se incluyen los de director del grupo de desarrollo de software.

**Victor Avelar** es analista de investigación superior en el Centro científico de centros de datos de Schneider Electric. Es responsable de la investigación de operaciones y diseño de centros de datos y consulta con los clientes las evaluaciones de riesgos y las prácticas de diseño para optimizar la disponibilidad y la eficacia de los entornos de los centros de datos. Victor se licenció en Ingeniería mecánica en el Rensselaer Polytechnic Institute y tiene un MBA del Babson College. Es miembro de AFCOM y de la American Society for Quality.



## Recursos

Presione en el icono para dirigirse al recurso



**Repercusiones de los pasillos calientes de alta densidad en las condiciones del entorno de trabajo del personal de TI**

White Paper 123



**Implementación de contención de aire caliente y frío en centros de datos existentes**

White Paper 153



**Examinar todos los documentos técnicos**

[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)



**Examinar todas las herramientas TradeOff Tools™**

[tools.apc.com](http://tools.apc.com)



### Contacte con nosotros.

Si tiene algún comentario o sugerencia sobre el contenido de este White paper:

Data Center Science Center  
[DCSC@Schneider-Electric.com](mailto:DCSC@Schneider-Electric.com)

Si es cliente y tiene dudas específicas sobre su proyecto de centro de datos:

Póngase en contacto con su representante de **Schneider Electric**  
[www.apc.com/support/contact/index.cfm](http://www.apc.com/support/contact/index.cfm)

## Apéndice: Suposiciones utilizadas en el análisis

En el análisis de los sistemas HACS, CACS y de centros de datos tradicionales con falso suelo se utilizaron las suposiciones siguientes.

- Dimensiones del centro de datos: 11 m x 22,6 m x 3 m (36 ft x 74 ft x 10 ft)
- Capacidad del centro de datos: 1400 kW (sin redundancia)
- Ubicación: Chicago, Illinois, EE. UU.
- Coste medio de electricidad: 0,12 \$ kWh
- Carga de TI total: 700 kW
- Densidad de potencia: Promedio de 7 kW/rack
- Cantidad de armarios/racks de TI: 100
- Refrigeración de unidad perimetral con falso suelo de 24 in (61 cm)
- Promedio de delta de temperatura en los servidores: 13,9°C/25°F
- Entrada de aire del servidor con una humedad relativa del 45%
- Fuga de aire frío de falso suelo sin contención: 40%
- Fuga de aire caliente sin contención: 20%
- Fuga de aire frío de falso suelo con CACS: 0%
- Fuga de aire frío de falso suelo con HACS: 0%
- Eficiencia del serpentín de la unidad CRAH: 0.619
- Eficiencia del intercambiador de calor del economizador: 0.7
- Temperatura delta de agua fría: 6,7°C/12°F
- Planta de refrigerador del centro de datos
- Refrigerador COP: 5 con una carga de 50%
- Carga de la planta de agua refrigerada: 49-52% dependiendo del escenario
- Temperatura mínima del agua de la torre: 4,4°C/40°F limitada por un calentador anticongelación
- Rango de diseño de la torre de refrigeración: 5,6°C/10°F
- Ventiladores de equipamiento de TI de velocidad constante (los ventiladores de velocidad variable incrementan el consumo de energía de los equipos de TI, ya que la temperatura del aire de entrada a los equipos de TI aumenta cuando se supera un umbral establecido)
- Refrigeración sensible al 100% (no se necesita deshumidificación ni humidificación)